



Transport af suspenderet stof i afløbssystemer

Larsen, Torben; Sørensen, Morten Steen

Publication date:
1992

Document Version
Acceperet manuscript, peer-review version

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):
Larsen, T., & Sørensen, M. S. (1992). *Transport af suspenderet stof i afløbssystemer*.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Transport af suspenderet stof i afløbssystemer

af

Torben Larsen

Aalborg Universitetscenter, Institut for Vand, Jord og Miljøteknik

og

Morten Steen Sørensen

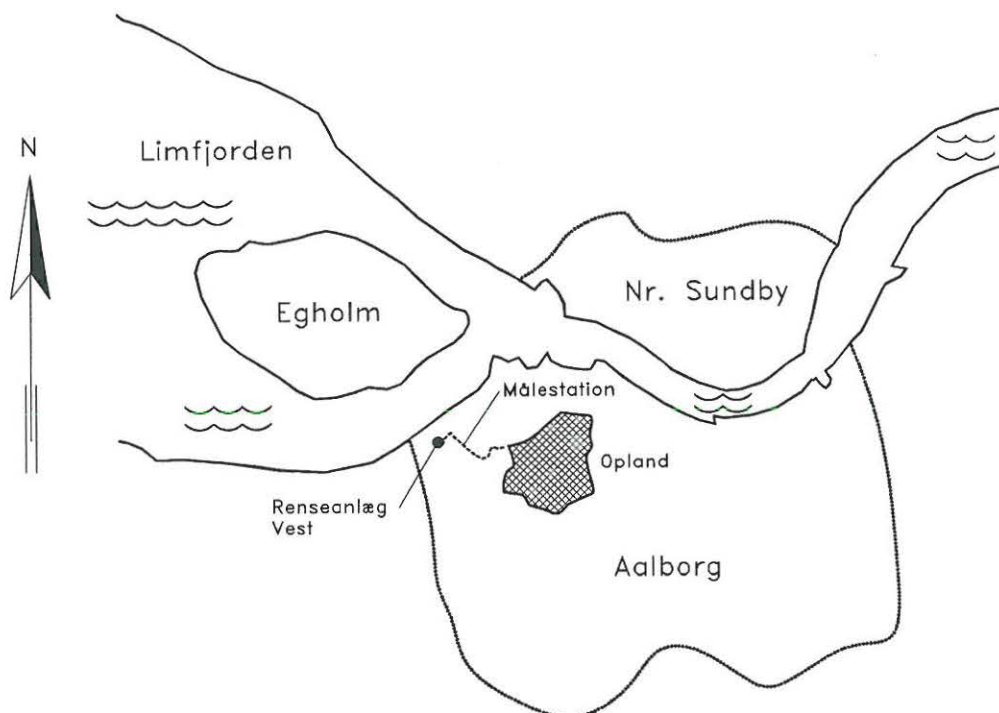
Nellemann, Rådgivende ingeniører A/S, Aalborg

INDLEDNING

I det følgende er givet en kort sammenfatning af en undersøgelse foretaget i et fælleskloakeret opland i Aalborg med henblik på at beskrive den suspenderede stoftransport under tørvejr og regn. Projektet har været udført i efteråret 1991 som et afgangsprøve af de tidligere studerende, nu akademiingeniører, Lars Houbak og Lars Lynderup.

OPLANDET

Oplandet ligger i den vestlige del af Aalborg, som det ses af figur nr. 1. Arealet er 62 ha med villabebyggelse omfattende 1860 indbyggere og det reducerede areal er ca. 22 ha. Kloaksystemet er et fællessystem uden overløbsbygværker eller forsinkelsesbassiner. Målestationerne for vandføring og stoftransport var placeret i den $\varnothing 100$ cm betonledning, som fører fra oplandet til Aalborg renseanlæg vest.



Figur nr. 1. Opland i Aalborg, areal 62 ha, reduceret areal 22 ha.

MÅLEUDSTYRETS PLACERING

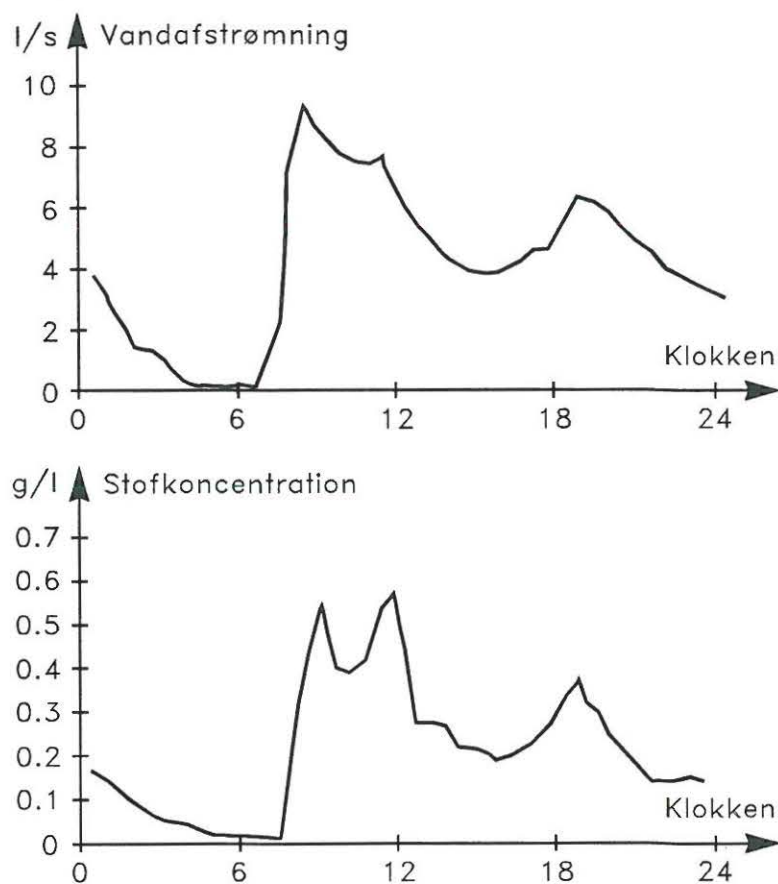
Forundersøgelserne for projektet viste, at vandføringsmåling og prøveoptagning for koncentrationsbestemmelsen ikke kunne ske i samme punkt, hvilket formentlig også er tilfældet i alle andre oplande. Vandføringsmålingen blev udført i en brønd, hvor ledningsfaldet var så moderat, at der både under regn og tørvejr var så små strømhastigheder, at der var strømmende bevægelse (lavt Froude tal) i hydraulisk henseende. Måleren var af typen DETFLOW 4 mk. Prøveoptagningen for koncentrationsmålingen blev foretaget ca. 110 m opstrøms for vandføringsmåleren i en brønd, hvor der opstrøms var et fald på 28 0/00. Dette betyder, at der her var stor vandhastighed, således at sedimenttransporten foregik som en suspenderet transport, hvilket sikrede, i så høj grad som det var praktisk muligt, at det var den samlede transport af suspenderet transport, der blev suget op i prøveoptageren. En del tidligere undersøgelser, herunder også danske, har benyttet prøvetagning i tværsnit, hvor kun delvis (og dermed varierende) suspension forekom.

ANALYSER

De optagne prøver blev analyseret for total koncentration af suspenderet stof ved standardmetode, dvs. filtrering, tørring og vejning. Desuden blev der udviklet en særlig metode til fraktionering af stofkoncentrationen efter partiklernes sedimentationshastighed. Hensigten hermed var at skabe grundlag for at vurdere, hvor stor en grad af den suspenderede stoftransport, der kan frasepareres i forsinkelsesbassiner og overløbsbygværker. Udviklingen af denne metode til bestemmelse af partikelfraktioneringen var en tidskrævende del af projektet, men skal i øvrigt ikke omtales nærmere her.

TØRVEJRSTRANSPORTEN

Baseret på målinger over 6 tørvejrdsdøgn, hvori kun hverdage blev anvendt, resulterede i nedenstående figur 2, som viser den gennemsnitlige vandføring og stofkoncentration. Man hæfter sig ved, at koncentrationen er nær proportional med vandføringen, hvilket betyder, at stoftransporten bliver proportional med vandføringens kvadrat. Om dette skyldes, at resuspensionen afhænger af vandføringen, eller om det skyldes, at koncentrationen i tilledningen varierer, kan vi ikke svare nærmere på.

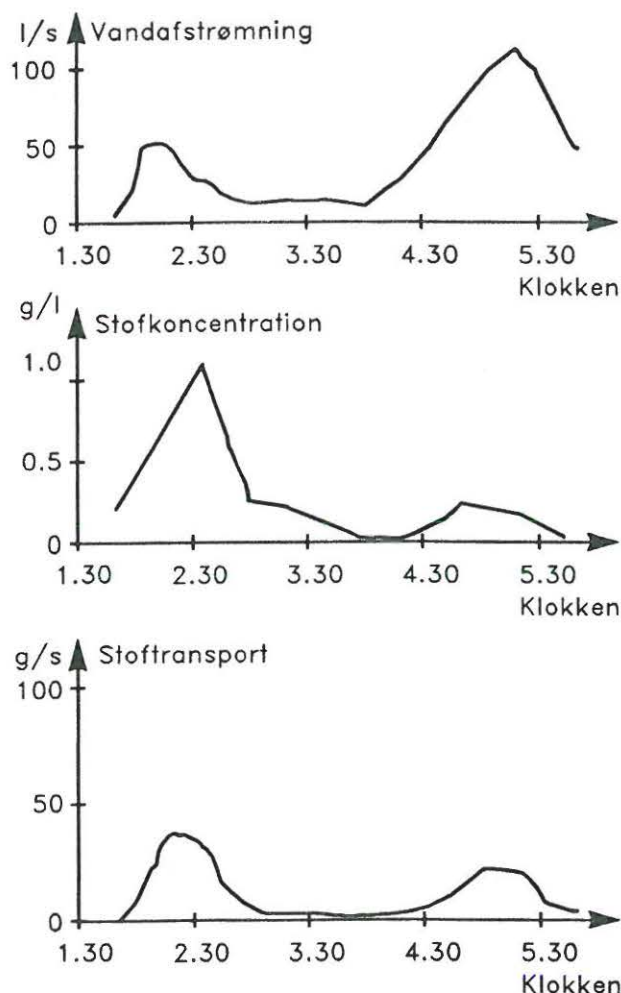


Figur nr. 2. Tørvejrsvandføring (øverst) og koncentration af suspenderet stof, gennemsnitligt hverdagsdøgn.

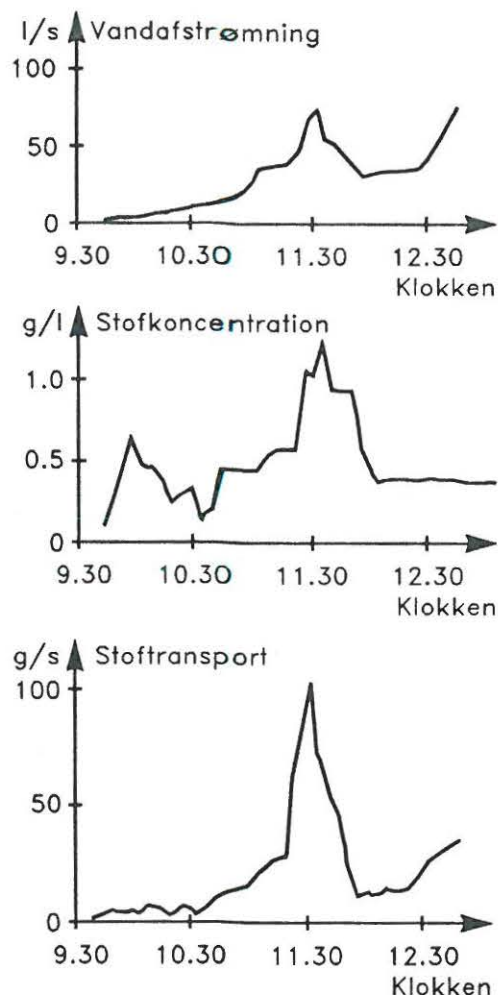
Hvad angår fraktioneringen skal nævnes, at en stor del af materialet (ca. 60%) har en lav sedimentationshastighed, hvilket er karakteristisk for finkornet organisk materiale.

STOFTRANSPORT UNDER REGN

I det følgende vises forløbet af to hændelser med relativt små nedbørsmængder i størrelsesordenen 6-8 mm. Figur nr. 3 viser forløbet den 13.11.91 og figur nr. 4 angiver situationen den 19.12.91.



Figur nr. 3. Vand- og stofafstrømning d. 13.11.91.



Figur nr. 4. Vand- og stofafstrømning d. 19.12.91.

Man bemærker især, at stofkoncentrationen stiger kraftigt med vandføringen. Desuden viser forløbet d. 13.11.91 en udpræget first flush effekt, idet stoftransporten i den første relativt lille vandføringstop er markant større, end hvad tilfældet er for den sidste del af regnen. Analyserne af fordelingen af sedimentationshastighederne viser desuden, at de letteste partikler strømmer af tidligere end de tungere. Desuden indeholder regnafstrømningen generelt set stof af væsentlig tungere partikler end tørvejsafstrømningen.

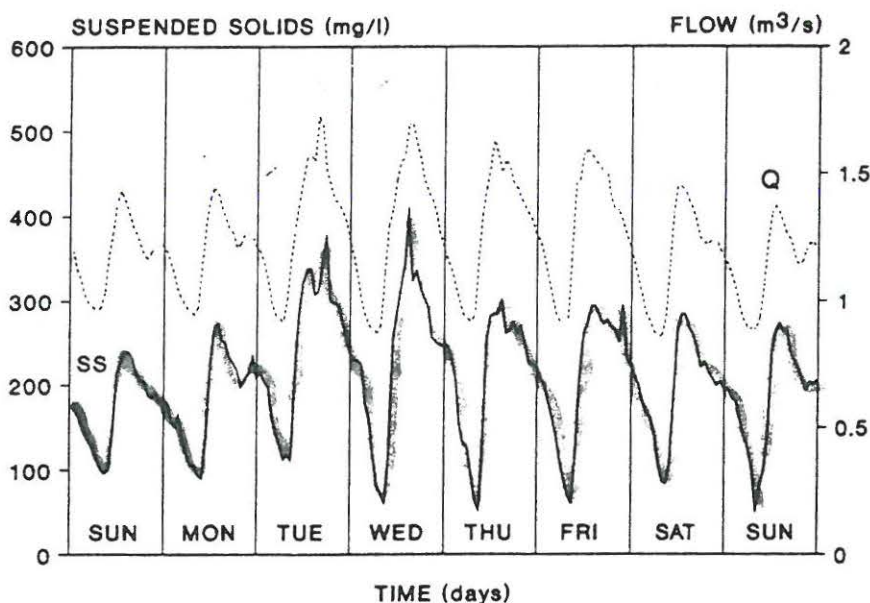
SAMMENFATNING

1. Koncentrationen af suspenderet stof i tørvejsafstrømningen varierer kraftigt med vandføringen over døgnet.
2. Regnvandsafstrømningen viser en tydelig first flush effekt for suspenderet stof.
3. Det er blevet bekræftet, at stoftransporten i regnafstrømningen primært består af materiale, som udvaskes fra aflejringer i ledningerne.

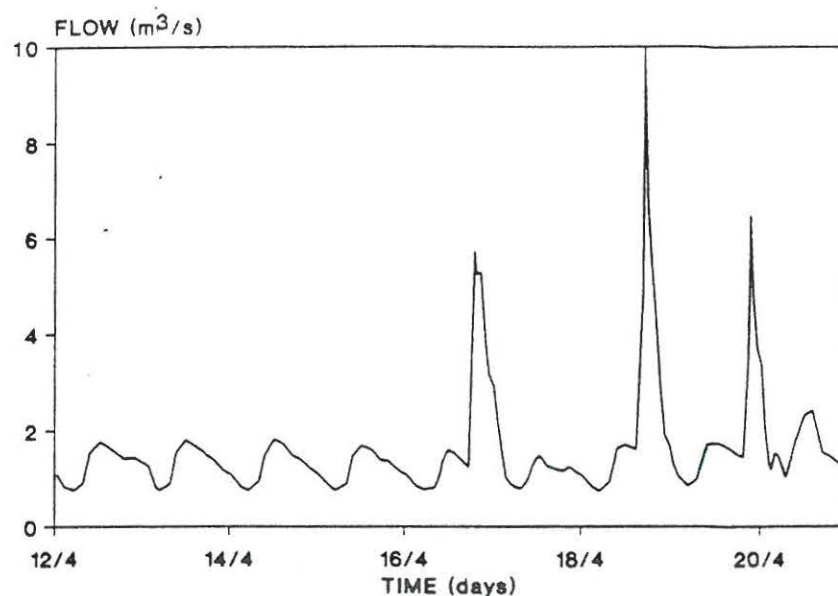
4. Fordelingen af det suspenderede stofs sedimentationshastigheder under regn viser, at en væsentlig del af stofindholdet kan fjernes i et forsinkelsesbassin eller overløbsbygværk, som er indrettet med henblik på stoffjernelse. Den del, der hermed kan fjernes, er den tunge del i sand- og siltområdet, som i øvrigt lettest sedimenterer i recipienterne.

ERFARINGER FRA BRUSSELS MAIN TRUNK

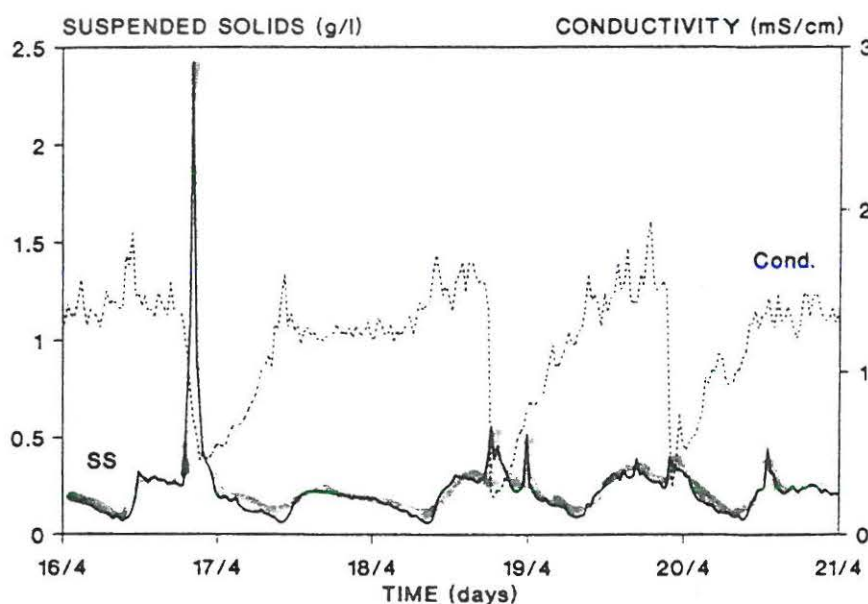
Nedenstående vises resultater fra Brussels main trunk, som er en lang hovedkloakledning i Bruxelles, der ligger med relativt lille fald og som iøvrigt regelmæssigt må renses for sedimenter. Der vises i figur nr 5 tørvejrforløbet af flow og suspenderet stof og i figur nr 6 og 7 forløbet under regn. Der synes være en tydelig overensstemmelse mellem målingerne i Aalborg og Bruxelles. Man bemærker også den markant større stoffkoncentration ved den første regnhændelse i forhold til de to efterfølgende.



Figur nr 5. Dry-weather flow pattern. Brussels main trunk, May 26 - June 2, 1985



Figur nr 6. Flow, Brussels main trunk, April 12 - 20, 1988.



Figur nr 7. Suspended solid and conductivity, Brussels main trunk, April 16 - 20, 1988.

Referencer

Houbak, L. og Lynderup, L., Stoftransport i afløbssystemer, afgangprojekt Anlægssektorens akademiingeniøruddannelse, januar 1992.

Verbanck, M., Sewer sediment and its relation with quality characteristics of combined sewer flows., Water Science Technology, Vol. 22. No. 10/11, pp 247-257, 1990.